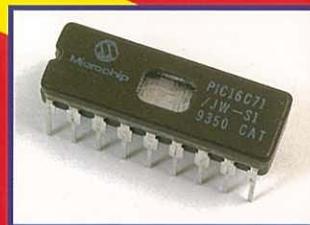
impara l'elettronica

digitale

...e costruisci il tuo LABORATORIO DIGITALE

6,90 €

7

9 771824 363008 41007

Peruzzo & C.

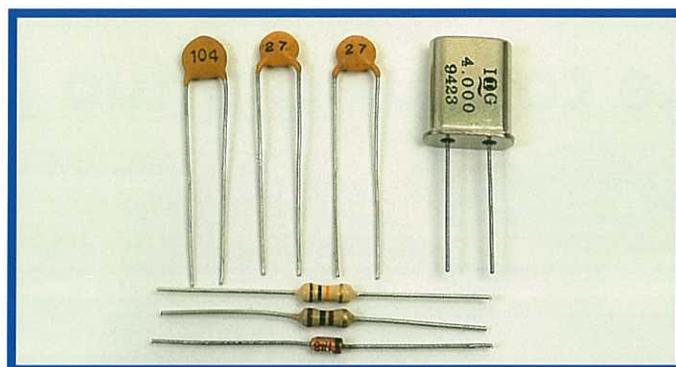
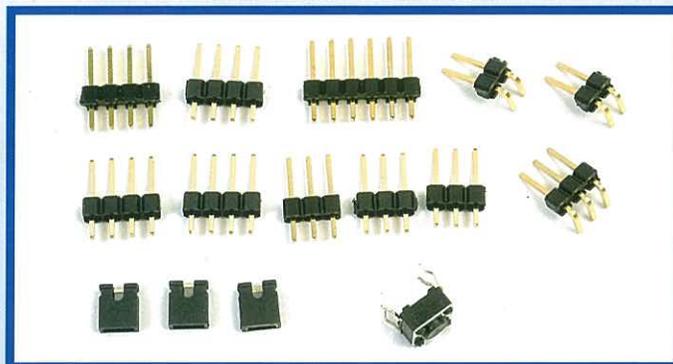
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Staroffset s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE" si compone di 70 fascicoli settimanali da suddividere in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

- 2 Condensatori ceramici da 27 pF
- 1 Condensatore ceramico da 100 nF
- 1 Resistenza da 10 KΩ
- 1 Resistenza da 100 Ω
- 1 Diodo 1N4148
- 1 Quarzo da 4 MHz

IN REGALO nel prossimo fascicolo

- 1 Pulsante
- 3 Connettori da c.s a 3 vie dritti maschi
- 2 Connettori da c.s a 2 vie a 90° maschi
- 3 Ponticelli isolati
- 4 Connettori da c.s a 4 vie dritti maschi
- 1 Connettore da c.s a 6 vie dritto maschio
- 1 Connettore da c.s a 3 vie a 90° maschio

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

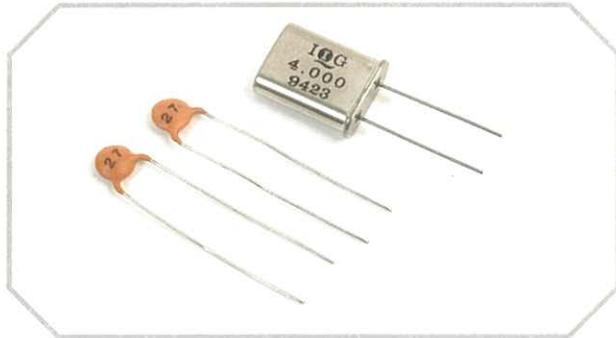
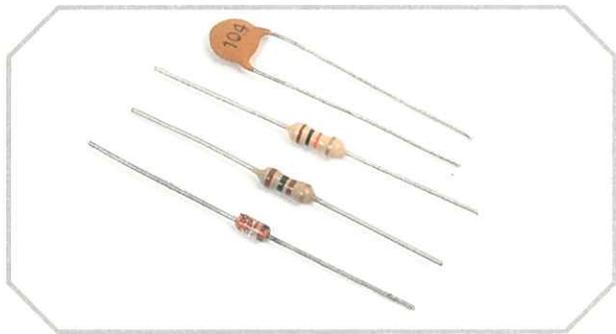
L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede.
Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail:
elettronicadigitale@microrobots.it

Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

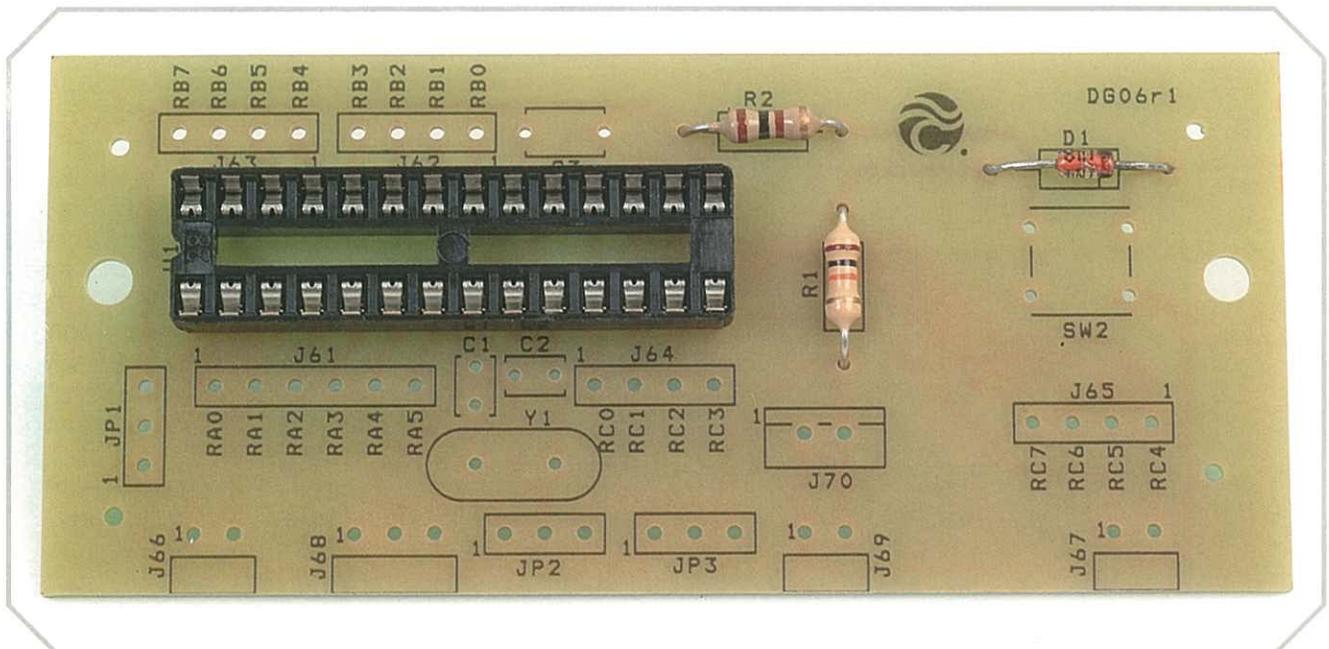
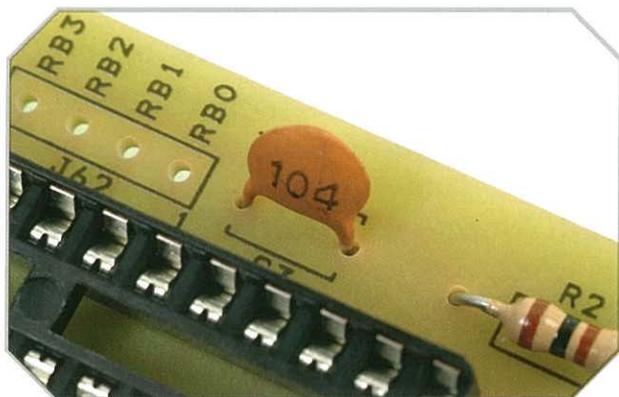
Microcontroller Esercizi con i microcontroller

Circuito oscillatore e reset

Componenti esterni dell'oscillatore.

Altri componenti forniti con questo fascicolo.

In questo numero continua il montaggio dei componenti sulla scheda del circuito stampato DG06, dove verrà montato il microcontroller PIC16F870. Vi sono stati forniti i componenti del circuito di reset, dell'oscillatore e il condensatore di disaccoppiamento dell'alimentazione.

L'oscillatore

L'oscillatore utilizza i componenti attivi dell'interno del circuito integrato e necessita di componenti esterni, come i due condensatori da 27 pF e un quarzo da 4 MHz; in questo modo si ottiene una frequenza di lavoro molto stabile. L'utilizzo di un quarzo permette di ampliare la gamma di applicazioni del PIC16F870 a circuiti dove sono necessari la precisione della frequenza e la sua stabilità.

Il PIC16F870 potrebbe lavorare con un oscillatore RC molto più economico, tuttavia, per applicazioni professionali è sempre consigliabile utilizzare un oscillatore al quarzo, il cui costo più alto è compensato dalla grande quantità di applicazioni in cui può essere uti-

Per primi si montano i componenti che hanno minore altezza.

Il condensatore da 100 nF ha come riferimento C3, che si può leggere sulla serigrafia del circuito stampato.

Condensatori dell'oscillatore.

Il quarzo dell'oscillatore ha come riferimento Y1.

lizzato, ottenendo un funzionamento molto più sicuro.

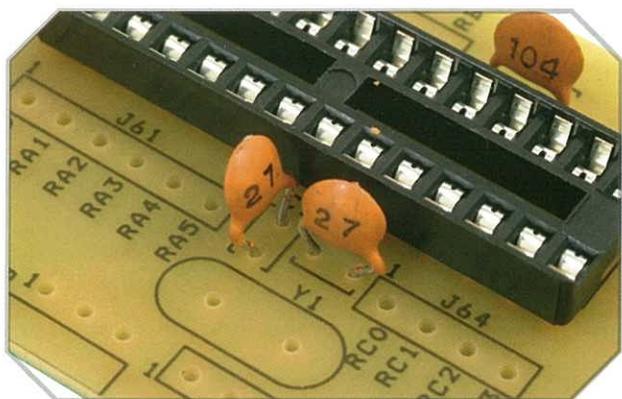
Montaggio dei componenti

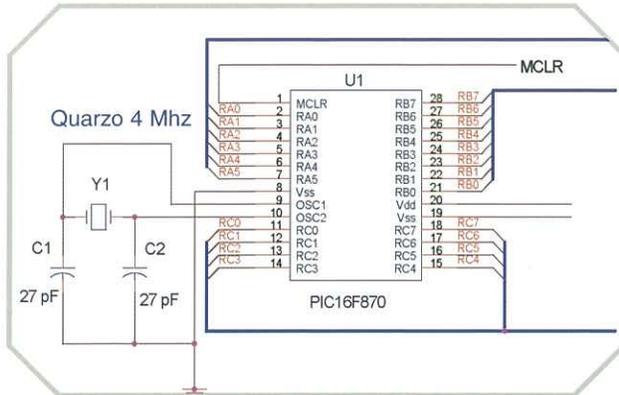
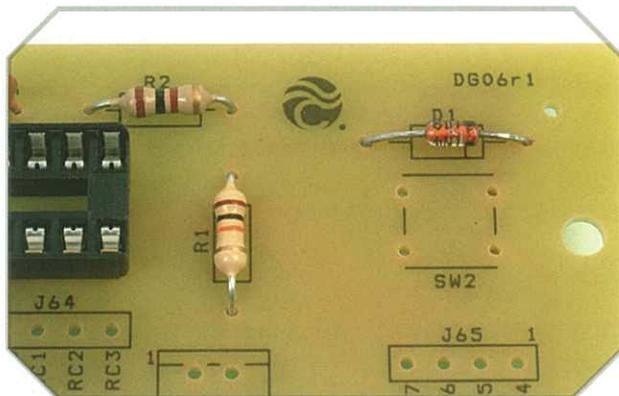
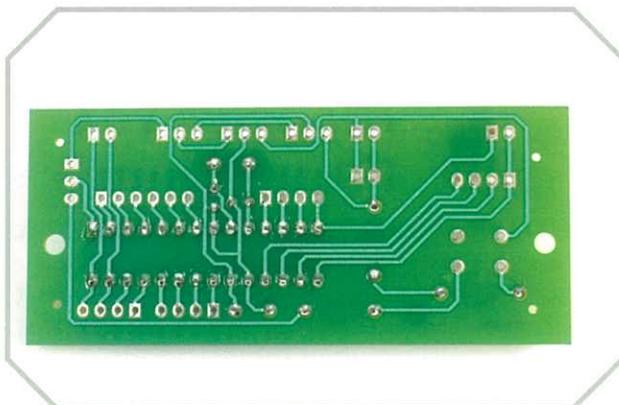
Anche se non vi sono ancora stati forniti i componenti di questo circuito stampato, è consigliabile saldare quelli che abbiamo a disposizione per evitare di perderli.

La prima cosa da fare è inserire i terminali delle due resistenze. Quella da 10 K, il cui codice a colori è marrone, nero e arancio, si monta nella posizione R1; l'altra resistenza è da 10 Ω, il suo codice a colori è marrone, nero, marrone e occupa la posizione R2.

Polarità del diodo

Il diodo D1 è del tipo 1N4148, è un componente con polarità i cui terminali devono essere collegati secondo un determinato ordine e non sono intercambiabili. Il terminale corrispondente al catodo è segnato sulla serigrafia del PCB (Print Circuit Board o circuito stampato) mediante una piccola linea trasversale che attraversa il rettangolo che lo rappresenta sul disegno, questa linea è situata più vicina a uno dei due fori. In questo foro bisogna inserire il catodo del diodo, che è indicato sul corpo dello stesso mediante una banda nera o gialla, che si trova sul lato corrispondente al catodo. I terminali vengono inseriti nei fori corrispondenti del circuito stampato e devono essere piegati come quelli delle resistenze.

Prima di continuare occorre verificare che ogni resistenza sia quella specificata per ciascuna posizione e che la polarità del diodo sia quella corretta, dopodiché si procede alla saldatura di ognuno dei terminali, applicando il calore sufficiente per far fluire bene lo stagno e non formare una saldatura fredda. I componenti sono progettati per sopportare bene il processo di saldatura, bisogna saldare senza paura, fino a quando lo stagno, sciogliendosi, coprirà bene il terminale; a questo punto possiamo ritirare la punta del saldatore. In ultimo, taglieremo la parte in eccesso dei reofori che generalmente sono piuttosto lunghi.

I condensatori

I condensatori dell'oscillatore sono da 27 pF, sullo schema sono segnati come C1 e C2 e ven-

L'oscillatore utilizza componenti esterni al PIC.

Zona del PCB utilizzata per il RESET.

Aspetto delle saldature.

gono inseriti nelle posizioni indicate anch'esse come C1 e C2 sulla serigrafia del circuito stampato.

È possibile che sia necessario piegare leggermente i reofori dei componenti prima di inserirli per fare in modo che entrino bene nei fori, dato che questo tipo di condensatori viene costruito con distanze tra i terminali molto diverse, e non sempre è possibile ottenerle con il raster (distanza fra terminali) corretto sul PCB.

Bisogna evitare di confondere questi condensatori, che fanno parte dell'oscillatore e che hanno una capacità molto ridotta, con il condensatore di filtro dell'alimentazione C3, la cui capacità è molto maggiore.

Questi condensatori possono avere un aspetto diverso da quello delle fotografie, dato che molte aziende producono condensatori con queste caratteristiche, la cosa importante è che il valore capacitivo sia lo stesso.

Il quarzo

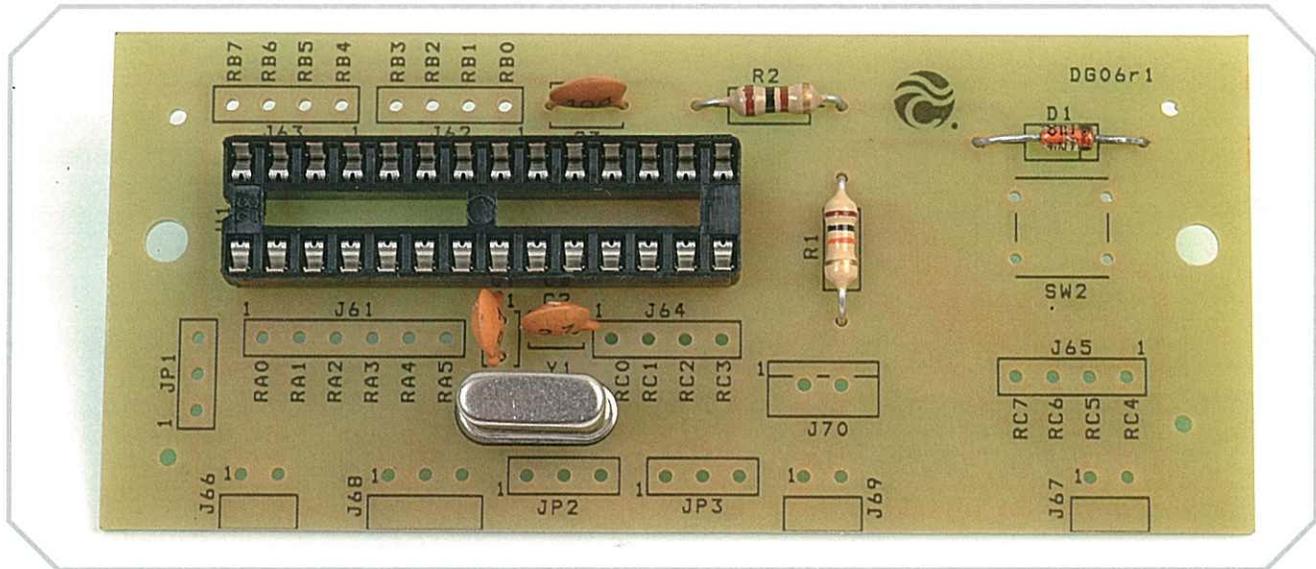
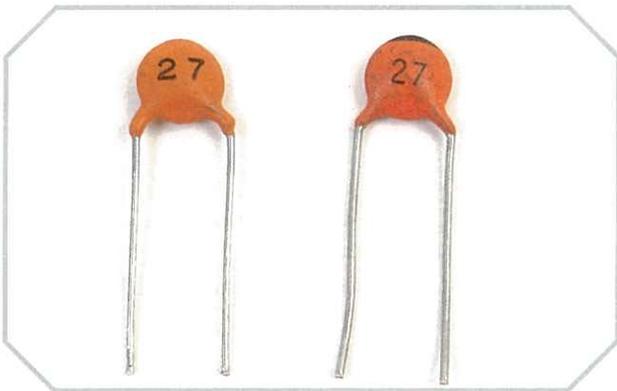
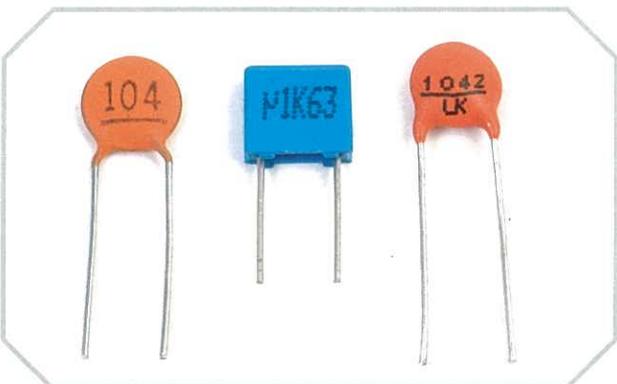
Rimane da montare solamente il quarzo da 4 MHz i cui terminali vengono inseriti nella posizione segnata come Y1, che coincide con il riferimento utilizzato per il quarzo stesso sul circuito stampato, in modo che il suo contenitore appoggi bene. Dopo averlo montato salderemo i suoi terminali.

Il laboratorio

Il laboratorio si completa giorno per giorno, e allo stesso tempo si acquisiscono le nozioni teoriche che ben presto saranno necessarie per la realizzazione degli esperimenti; è fondamentale capire ciò che si sta facendo perché l'obiettivo è quello di imparare a eseguire gli esperimenti e non limitarsi unicamente a montarli.

Zona 1

Nella zona 1 del laboratorio rimarrà montata in modo definitivo una serie di PCB, che fondamentalmente compongono un contatore digitale da 2 digit che si può configurare per ottenere diversi modi di funzionamento.

In questo modo, ogni volta che avremo bisogno di un contatore, dovremo solamente inserire 2 o 3 ponticelli per ottenerlo, dopodiché monteremo sulla scheda dei prototipi i

PCB con i componenti di questo numero già saldati.

Due modelli di condensatore da 27 pF.

Diversi modelli di condensatore da 100 nF.

componenti addizionali dell'esperimento. Risparmieremo quindi del tempo nell'eseguire i montaggi ed eviteremo grovigli di cavi che a volte scoraggiano al momento della realizzazione di un esperimento.

Zona 2

La scheda DG06 supporta il PIC e dovrà essere installata nella zona 2 insieme a una scheda di interfaccia con la porta seriale del PC, tramite il quale si potrà programmare il PIC. Questa zona ospiterà anche un circuito stampato sul quale verrà montato un lettore/scrittore di smart card, con la quale si otterrà una memoria addizionale.

Vi insegneremo come si programma il PIC, come si realizzano i programmi, come si caricano sulla memoria del PIC, come si caricano sulla memoria della smart card e anche come si possa scaricare un programma dalla smart card alla memoria del PIC.

Bisogna tener presente che con l'arrivo dei dispositivi programmabili – e il PIC utilizzato è un esempio dei più potenti fra quelli di uso comune – i circuiti sono molto più efficienti e realizzano molte più funzioni, però la loro apparenza è molto semplice, infatti un PIC può sostituire molti circuiti integrati, inoltre è possibile cambiare le sue funzioni senza dover sostituire i componenti, ma semplicemente modificando la programmazione.

Porte del PC

Le porte del PC si utilizzano per scambiare informazioni con l'esterno. Le due più comuni sono la porta seriale, che utilizza un connettore seriale da 9 pin maschio montato sul PC o uno da 25 pin anch'esso maschio, e la porta parallela, con un connettore femmina da 25 pin.

Porta seriale

La porta seriale è un'interfaccia RS-232 che ha avuto e continua ad avere molte applicazioni. Prima della comparsa delle reti informatiche veniva comunemente utilizzata per trasferire dati fra due macchine, in seguito divenne la classica porta dedicata al collegamento del MODEM e attualmente continua a essere molto utilizzata per collegare strumenti che non richiedono un elevato trasferimento di dati, ovvero per il controllo e la configurazione di router, switch, SAI, ecc., tramite un PC, inoltre è spesso adottata nei laboratori per controllare dispositivi di scrittura di memoria e microcontroller. Attualmente sono stati presentati sul mercato alcuni computer senza questo tipo di porta, scelta che ha causato disappunto in diversi settori, tuttavia è già possibile trovare un'ampia gamma di adattatori che forniscono questo tipo di interfaccia partendo da una porta USB.

Le prime macchine fotografiche digitali utilizzavano questa porta per trasferire immagini al PC, però risultava troppo lenta e non consigliabile per queste applicazioni. La velocità massima di trasferimento è di 115,2 KB/s.

Terminali di un connettore SubD.9.

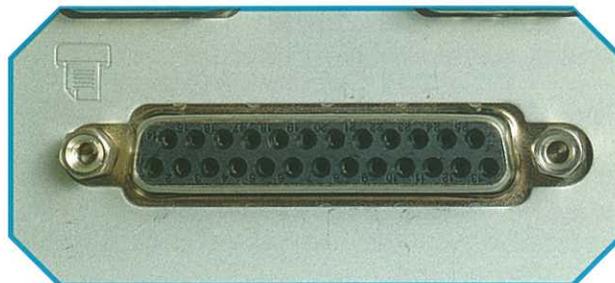
Porta parallela

Questa porta trasferisce dati da 8 bit per volta su un percorso parallelo ed è più veloce della porta seriale. Nei primi PC era utilizzata spesso, anche per collegare dischi rigidi esterni che avevano questo tipo di interfaccia, in seguito venne quasi esclusivamente utilizzata per le stampanti – da cui la denominazione "porta stampante" – e si continua a usare ancora oggi anche se sembra ormai vicino il momento in cui sparirà, visto che quasi tutte le stampanti attuali hanno connessioni di rete o tramite porta USB.

Nuove porte

L'aumento della capacità dei dischi rigidi e della velocita dei sistemi di trasmissione dei dati ha generato la necessità di trasferire grandi quantità di dati ad alta velocità, le porte classiche seriali e parallele sono diventate antiquate, rendendo necessaria l'introduzione di nuove porte. Per soddisfare queste necessità sono state sviluppate due nuove porte seriali, denominate USB e IEEE 1394 (FireWire), che hanno alcune caratteristiche comuni:

– Utilizzano cavi con pochi fili.

Porte seriali del PC a 9 pin.

Connettore della porta parallela del PC.

Connettori USB.

Connettori FireWire.

– Permettono di collegare in catena diversi dispositivi: 127 per la USB e 63 per la FireWire.

– Supportano Plug and Play, e il computer riconosce i dispositivi collegati in modo automatico.

– Il trasferimento dei dati è molto più veloce che nelle porte seriali RS-232 e parallele.

– Si può collegare e scollegare senza la necessità di spegnere il computer.

– Forniscono alimentazione a 5 V per i dispositivi a basso consumo.

Queste porte sono già disponibili sulla quasi totalità dei nuovi computer, la porta USB è già presente su tutti mentre la FireWire lo sarà tra brevissimo tempo.

USB

Il BUS USB (Universal Serial Bus) aveva inizialmente una velocità di 12 Mb/s. In seguito, la USB 2.0 aumentò la velocità fino a 480 Mb/s, ovvero, 40 volte più veloce della connessione mediante cavi USB 1.1.

Il vantaggio di questa porta è evidente, dato che una porta USB può arrivare a trasmettere a velocità tra 1,5 Mb/s e 12 Mb/s; una porta parallela da 600 Kb/s a 1,5 Mb/s e una porta seriale classica fino a 112 Kb/s.

USB è una nuova architettura di bus sviluppata da un gruppo di sette aziende: Compaq, Digital Equipment Corp, IBM PC Co., Intel, Microsoft, NEC e Northern Telecom.

FireWire

Anche conosciuta come IEEE 1394, fu presentata a metà degli anni '90 da Apple, che la sviluppò fino a convertirla nello standard multipiattaforma IEEE.

FireWire è una tecnologia per l'ingresso/uscita di dati seriali ad alta velocità e il collegamento di dispositivi digitali quali videocamere, fotocamere digitali e computer. Questa interfaccia è stata adottata da costruttori di strumenti digitali come Sony, Canon, JVC e Kodak. FireWire è stata estesa sia al mercato consumer che a quello professionale, ed è uno degli standard per periferiche più veloci che siano mai stati sviluppati, caratteristica che lo rende ideale per l'utilizzo con strumenti del settore multimediale (quali le telecamere) e altri dispositivi ad alta velocità, comprese le unità disco rigido esterno.

Risulta essere l'interfaccia preferita nel settore audio e video digitale, dato che è molto veloce, facile da collegare e può supportare fino a 63 dispositivi.

Connettore seriale 25 pin	Connettore seriale 9 pin	Abbreviazione	Nome completo
2	3	TD	Transmit Data
3	2	RD	Receive Data
4	7	RTS	Request To Send
5	8	CTS	Clear To Send
6	6	DSR	Data Set Ready
7	5	SG	Signal Ground
8	1	CD	Carrier Detect
20	4	DTR	Data Terminal Ready
22	9	RI	Ring Indicator

Collegamenti delle porte seriali del PC.

Flip-Flop

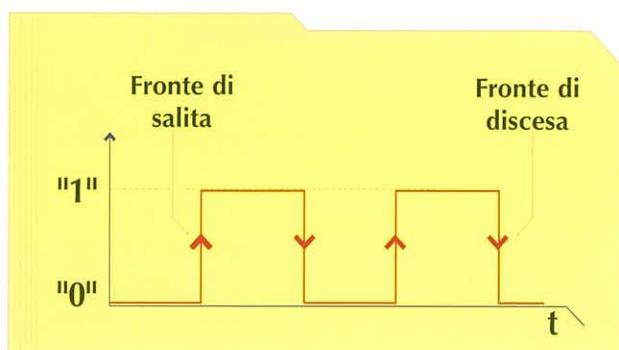
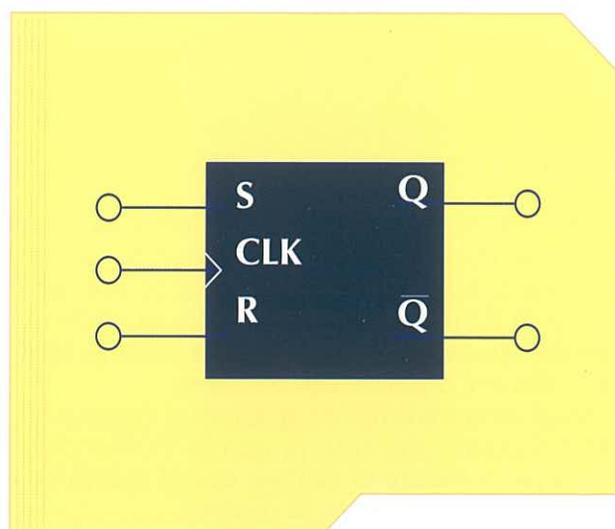
La denominazione flip-flop si applica ai bistabili che hanno l'attivazione per fronte, il quale può essere di salita o di discesa. In un bistabile di questo tipo il cambio di stato sull'uscita si può produrre solamente in modo sincronizzato con il fronte, nel momento in cui quest'ultimo si verifica. Gli ingressi possono cambiare, però conterà solamente il valore che avranno nel momento in cui si genera il fronte.

Il problema

Abbiamo già visto i latch e il loro funzionamento: quando si applicano determinati segnali al loro ingresso si ottiene un valore sull'uscita che si può dedurre dalla tabella della verità, però per ottenere questa variazione sull'uscita ci deve essere una variazione sull'ingresso. L'uscita, quindi, cambia nel momento in cui cambia l'ingresso.

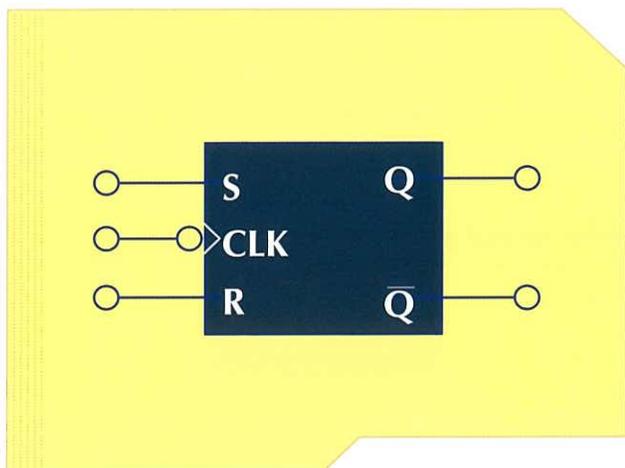
Questo è il funzionamento normale ed è valido per un circuito semplice, però per fare in modo che i circuiti funzionino bene bisogna lavorare in modo "organizzato".

Pensiamo ad esempio a un registro di un computer, la word memorizzata deve rimanere su questo registro il tempo sufficiente per essere letta da un altro circuito del sistema, altrimenti il computer sbaglierà, semplicemente perché questa informazione è arrivata troppo presto o troppo tardi per essere letta da un altro circuito.

Per questo motivo si ricorre ai circuiti sincroni, ovvero a circuiti che pur mantenendo lo stesso funzionamento, possono essere controllati tramite un segnale di clock, però prima spieghiamo che cosa sono i fronti degli impulsi.

Segnale di clock e suoi fronti.

S	R	CLOCK	Qn	/Qn	
0	0	↑	Qn-1	/Qn-1	Non cambia
0	1	↑	0	1	RESET
1	0	↑	1	0	SET
1	1	↑	0	0	Proibito
X	X	X	Qn-1	/Qn-	Non cambia

Bistabile R-S attivato da fronte di discesa.

Fronti

Alcuni lettori probabilmente avranno già familiarizzato con la parola fronte, altri no, in ogni caso si tratta di un concetto molto facile da capire. Supponiamo di osservare un segnale di clock, si tratta normalmente di un segnale periodico formato da un treno di impulsi, quando c'è un impulso vi è un livello di tensione ben preciso, ad esempio 5 V, a cui si assegna il valore 1 logico, in assenza dell'impulso abbiamo 0 V, livello che si assegna allo 0 logico.

Bistabile R-S attivato da fronte di salita.

I fronti sono le parti laterali dell'impulso, o i tratti verticali, ovvero, nel momento in cui il segnale passa da 0 a 1 questo tratto prende il nome di fronte di salita o fianco ascendente, mentre quando passa da 1 a 0 si chiama fronte di discesa o fianco discendente.

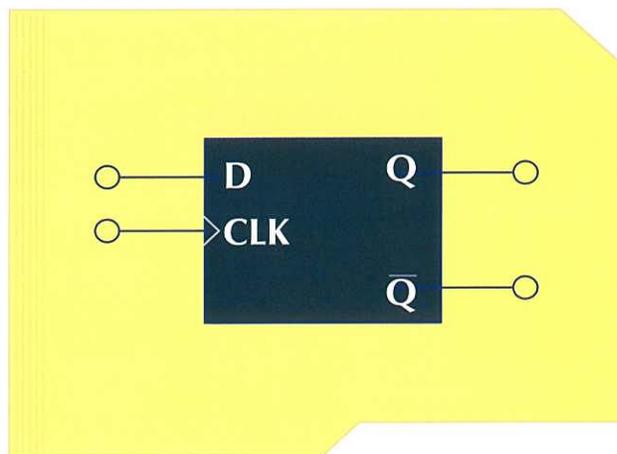
Negli schemi e nei diagrammi si rappresentano tramite una freccia con la punta verso l'alto per il fronte di salita e con la punta verso il basso per il fronte di discesa.

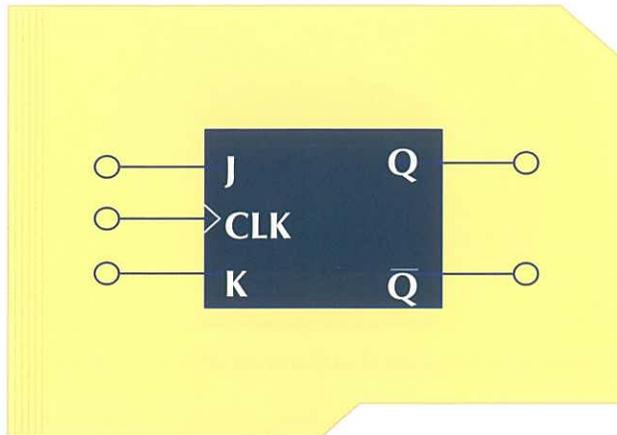
Flip-flop

La denominazione flip-flop è largamente utilizzata nella letteratura tecnica anglosassone, invece nei paesi di lingua latina esistono due scuole di pensiero, una utilizza preferibilmente la parola flip-flop, l'altra utilizza genericamente il termine bistabile. Ciò che in realtà deve essere molto chiaro è che si tratta di dispositivi sincroni, ovvero dispositivi che si integrano in un sistema complesso per funzionare in modo sincronizzato con altri, in modo che sia possibile controllare con certezza in quale momento deve cambiare lo stato delle uscite; normalmente il segnale di attivazione è il fronte di salita o di discesa di un impulso. In generale, si tratta di un segnale di clock, anche se può essere un altro tipo di segnale. Una delle possibili applicazioni dei bistabili attivati tramite un fronte è la realizzazione dei registri, con l'ingresso del clock controlliamo l'istante in cui si desidera che la word digitale applicata all'ingresso passi all'uscita per essere processata da un altro circuito.

Diagramma dei tempi di un bistabile R-S attivato da fronte di salita.

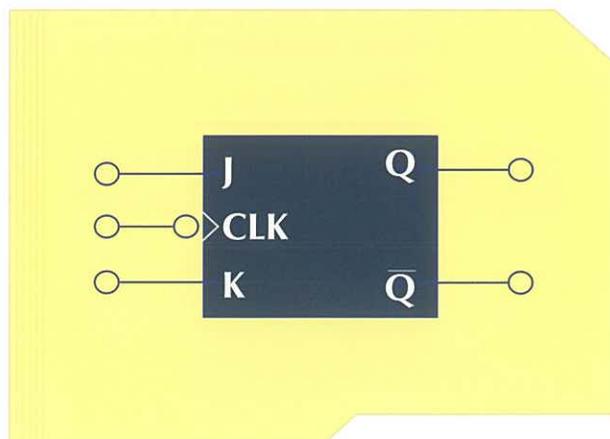
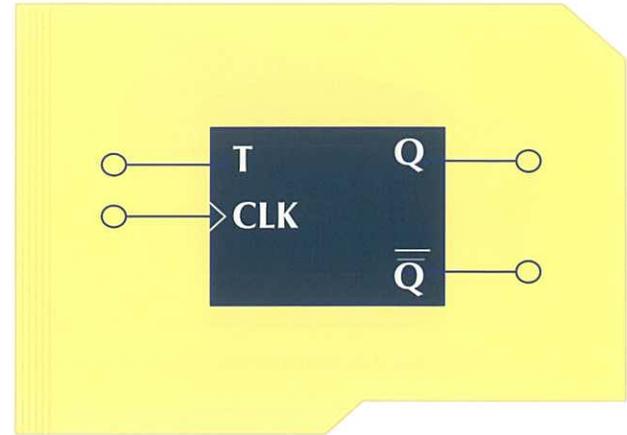
Simboli

Nei simboli dei bistabili l'ingresso del clock viene indicato con un piccolo triangolo, in questo modo si segnala che l'attivazione si produce sul fronte di salita; però, quando all'esterno del simbolo del componente e di fronte al triangolo che segnala l'ingresso del clock, si aggiunge un piccolo cerchio, questo significa che l'attivazione si produce tramite un fronte di discesa. In altri casi si utilizza il simbolo del fronte di salita e quello di discesa.

Flip-flop tipo D attivato da fronte di salita.

D	CLOCK	Qn	/Qn	
0	↑	0	1	RESET
1	↑	1	0	SET
X	X	Qn-1	/Qn-1	Non cambia

J	K	CLOCK	Qn	/Qn	
0	0		Qn-1	/Qn-1	Non cambia
0	1		0	1	RESET
1	0		1	0	SET
1	1		/Qn-1	Qn-1	Cambia

Bistabile tipo J-K attivato da fronte di salita.

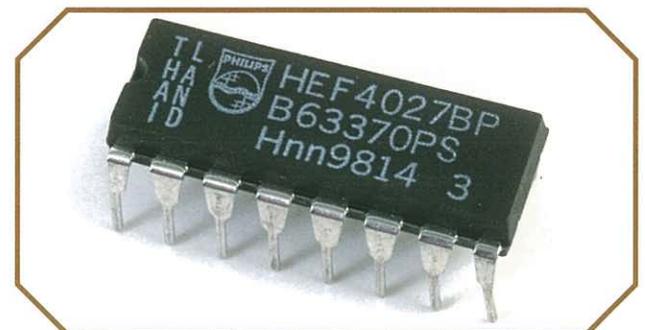
Salita o discesa

Il funzionamento del flip-flop è fondamentalmente lo stesso sia quando lo si attiva con un fronte di salita che con uno di discesa, ma durante la realizzazione del progetto è molto importante tener presente se l'attivazione avviene con il fronte di salita dell'impulso del clock o con quello di discesa, dato che può influenzare in maniera determinante il funzionamento del circuito. Esistono molti tipi di flip-flop integrati e sono disponibili sia con l'attivazione su fronte di salita che su quello di discesa.

Bistabile tipo J-K attivato da fronte di discesa.

Bistabile tipo T attivato da fronte di salita.

Flip-flop S-R attivato tramite un fronte

Il funzionamento di questo tipo di bistabile è molto simile a quello del latch R-S, però il circuito legge gli ingressi solamente sul fronte di salita o di discesa del segnale di clock. L'uscita può cambiare solo quando il fronte del segnale che si utilizza per l'attivazione arriva all'ingresso del clock (CLK). Non bisogna confondere questo ingresso con quello di abilitazione (E) dei latch, dato che l'ingresso di abilitazione risponde a un livello di tensione, mentre l'ingresso del clock di un flip-flop risponde a un fronte di un segnale.

Quando non ci sono impulsi di clock, o più esattamente, quando non ci sono fronti o transizioni di clock, il flip-flop rimane nel suo modo memoria e la sua uscita non cambia.

Il funzionamento di un flip-flop R-S attivato tramite un fronte di discesa è identico, eccetto per l'attivazione che avviene sul fronte di disce-

Doppio bistabile tipo J-K MS.

Doppio bistabile tipo J-K attivato da fronte di discesa.

sa del segnale del clock, ovvero quando questo passa dal livello basso al livello alto, in altre parole, quando si produce una variazione da 1 a 0.

Flip-flop tipo D attivato da un fronte

L'uscita di questo circuito non può cambiare fino a quando non arriva un fronte del clock. Nel momento in cui arriva il fronte del clock il circuito legge l'ingresso e trasferisce il valore sull'uscita. Quindi, per fare in modo che l'uscita cambi è necessario avere un livello diverso sull'ingresso nel momento in cui arriva un fronte del clock; se non cambia l'ingresso, l'uscita non cambia anche se arrivano impulsi di attivazione sull'ingresso del clock.

Flip-flop tipo J-K attivato da un fronte

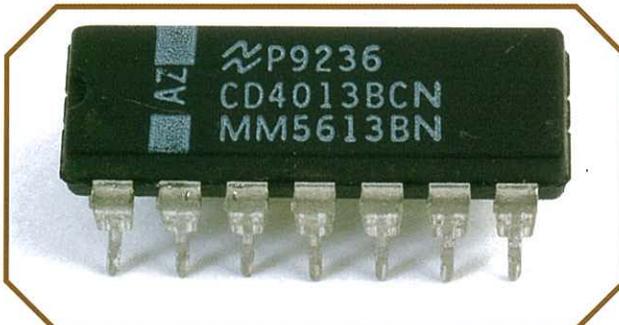
Il flip-flop J-K è il più universale di tutti, dato che con esso si possono costruire gli altri tipi. Si comporta come il flip-flop R-S però non ha uno stato di uscita indeterminato, o proibito, come succedeva nei tipi R-S. Se facciamo la comparazione con un bistabile R-S, l'ingresso J equivale all'ingresso S, e l'ingresso K all'ingresso R.

Doppio bistabile tipo D attivato da fronte di salita.

Quando i due ingressi sono simultaneamente a livello alto, l'uscita passa allo stato opposto al precedente. Questo tipo di funzionamento è chiamato "basculante". In altre parole, se i due ingressi sono mantenuti a 1, l'uscita cambia ogni volta che all'ingresso del clock si riceve un impulso di clock. Al contrario, se gli ingressi restano a zero l'uscita non cambia, ovvero stiamo lavorando in modo memoria.

Flip-flop tipo T

Questo tipo di dispositivo ha un ingresso unico indicato con la lettera T. Il suo funzionamento è uguale a quello di un bistabile J-K con i due ingressi uniti. In questo modo, se all'ingresso è stato applicato un livello basso, stiamo lavorando in modo memoria e l'uscita non cambia anche se vengono ricevuti impulsi di attivazione sull'ingresso del clock. Se l'ingresso T passa a livello alto il dispositivo cambia stato ogni volta che si riceve un impulso di attivazione, ovvero, il dispositivo oscilla. Ecco perché in alcuni casi è utilizzata la denominazione oscillatore invece che quella di bistabile.

Sei bistabili tipo D nello stesso integrato.

Doppio bistabile tipo D attivato da fronte di salita.

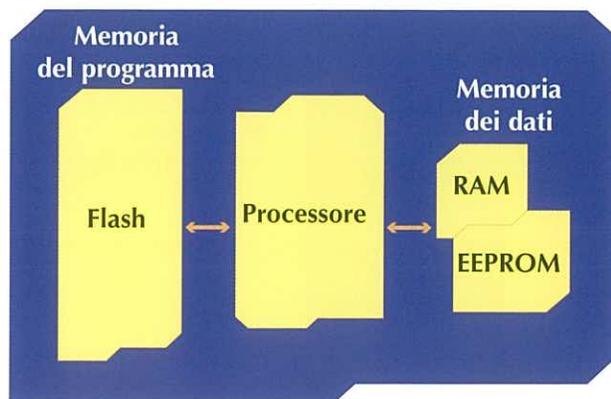
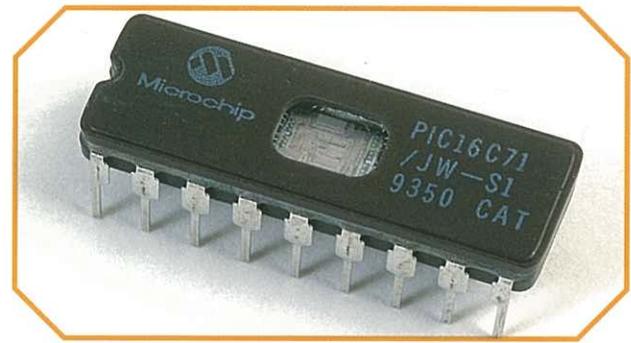
La memoria del PIC16F870

Il progettista deve conoscere e gestire la memoria del suo microcontroller. La programmazione dipende dalla memoria e dalla sua organizzazione. Per la maggioranza delle persone che iniziano a utilizzare un linguaggio di programmazione l'utilizzo corretto della memoria è la cosa più gravosa, forse perché è apparentemente poco interessante. In questo capitolo parleremo della memoria di cui è dotato il PIC16F870, della sua gestione e dei suoi registri specifici.

Tre tipi di memoria

L'architettura Harvard permette alla memoria di programma e alla memoria dei dati di essere separate, dato che dispongono di bus indipendenti, è possibile accedere contemporaneamente a entrambe. Queste memorie, comunque, hanno funzionalità molto diverse e per questo la loro tecnologia di fabbricazione è differente.

Memoria di programma

La memoria di programma contiene le istruzioni dell'applicazione. Per un utilizzo didattico o per applicazioni in cui sia richiesta una certa flessibilità, il PIC deve permettere la sua scrittura quando necessario, in quanto i compiti a cui viene dedicato possono variare. Dopo aver scritto il programma dobbiamo leggere sulla memoria il codice per poterlo eseguire. La memoria deve accettare lettura, cancellazione e scrittura e deve mantenere le informazioni registrate anche quando si scollega l'alimentazione, in altre parole non deve essere volatile.

Architettura Harvard e i tre tipi di memoria.

Il PIC 16C71 ha una finestra per cancellare la sua memoria EPROM.

Esistono due tecnologie di fabbricazione che soddisfano questi requisiti. Le memorie EPROM possono essere cancellate sottoponendo il chip a raggi ultravioletti, dispongono infatti di una finestra di cancellazione. Questo è un inconveniente perché bisogna disporre dell'hardware necessario per questa operazione e il chip deve essere tolto dal circuito. L'altro tipo di memoria è la memoria FLASH. Ultimamente le memorie FLASH stanno sostituendo e praticamente facendo sparire, perlomeno nei nuovi progetti, le EPROM in quanto si possono cancellare elettricamente tramite alcuni pin. Non è necessario estrarre il chip dalla scheda sulla quale è montato per realizzare qualsiasi operazione sulla memoria, sempre che questa possibilità sia stata prevista.

PIC16F870		
	DIMENSIONE	TIPO
MEMORIA DEL PROGRAMA	2K x 14 words	FLASH
MEMORIA DEI DATI	128 x 8 bytes	RAM
	64 x 8 bytes	EEPROM

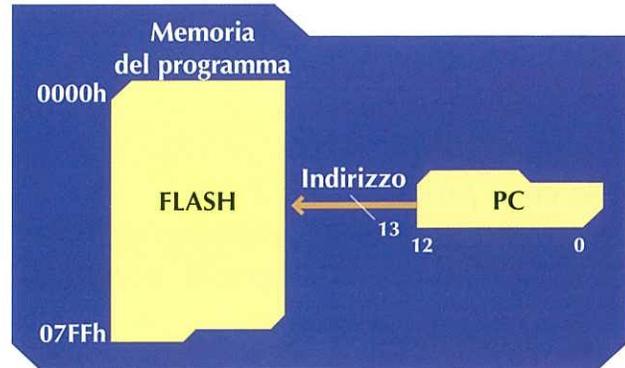
Memorie del PIC16F870.

Memoria dei dati

La memoria dei dati deve disporre di celle che possano essere lette o scritte in qualsiasi momento. I dati gestiti da un programma possono essere modificati durante l'esecuzione dello stesso. I PIC16F87X utilizzano memoria RAM. Questa memoria è molto veloce, condizione necessaria per accedere ai dati, ed è volatile, ovvero i dati si perdono togliendo l'alimentazione.

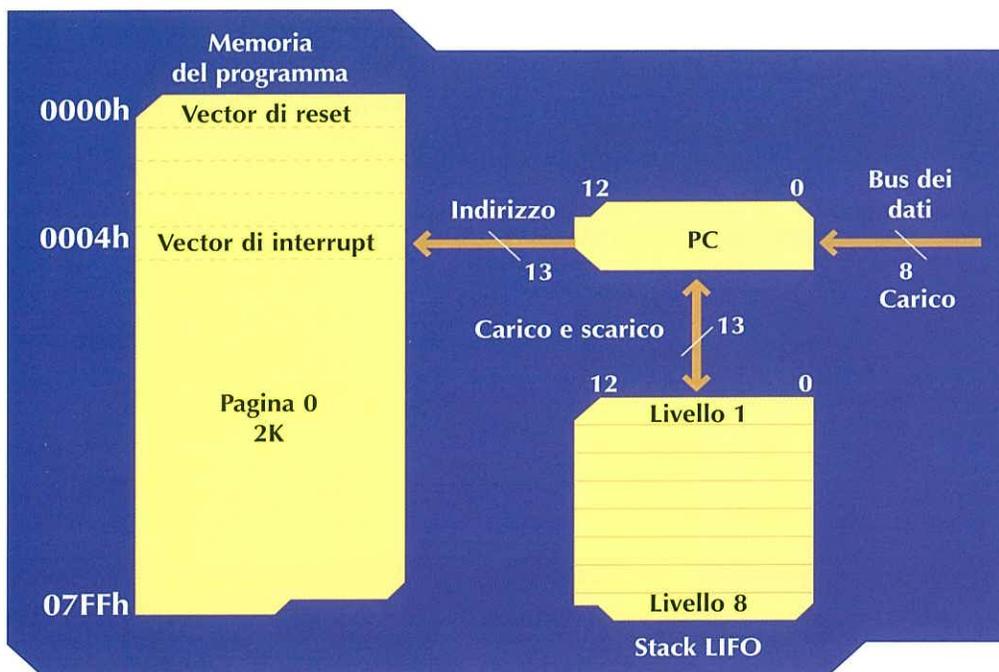
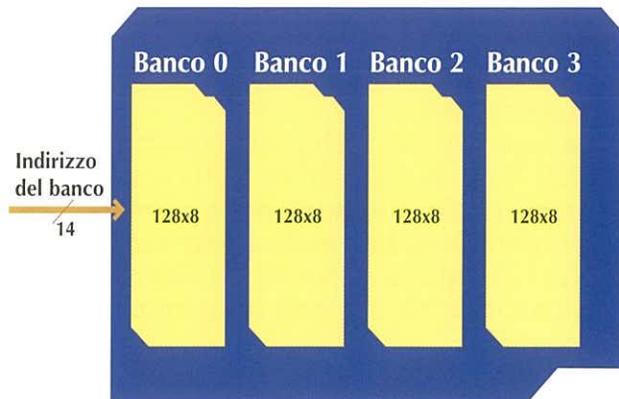
Dato che esistono applicazioni in cui alcuni dati devono essere permanenti, ad esempio una chiave di sicurezza o valori limite di temperatura nel controllo di un forno, si aggiunge una memoria dei dati di tipo EEPROM. Questa memoria ha un funzionamento abbastanza simile alla FLASH, ma con una capacità assai più ridotta e un tempo di accesso molto più lento.

Organizzazione della memoria di programma

Le istruzioni dei PIC16F87X hanno una lunghezza di 14 bit, quindi le celle della memoria di programma devono avere la stessa lunghezza. Il PIC16F870 ha 2.048 celle di questa memoria (2 K), quindi per accedere a uno de-

L'indirizzo del PC punta all'istruzione successiva da eseguire.

gli indirizzi abbiamo bisogno di un bus da 11 bit (211=2 K). Dato che il modello superiore della famiglia PIC16F87X ha una capacità da 8 K, questo implica un bus da 13 bit, Microchip utilizza per tutta la gamma dei PIC di questa famiglia un bus da 13 bit, pertanto nel nostro microcontroller sono utilizzati solo gli 11 bit meno significativi.

L'indirizzo a cui punta il microprocessore lungo il corso del programma corrisponde all'istruzione successiva a quella in esecuzione. Questo indirizzo si trova sul registro Contatore di Programma (PC) ed è generato automaticamente.

La memoria FLASH è divisa in pagine di

Funzionamento del Contatore di Programma. Interno della figura:

Banco della memoria RAM.

uguale dimensione. Nei PIC16F87X le pagine sono da 2 K. Pertanto il PIC con cui stiamo lavorando avrà solamente una pagina, mentre i PIC16F876/7 gestiranno quattro pagine.

La pagina 0, comune in tutti i modelli, ha due posizioni che sono riservate:

– Vector di reset (Indirizzo 0000h): quando si collega l'alimentazione o si resetta il processore, la prima istruzione che viene eseguita è quella che si trova a questo indirizzo. Tutti i nostri programmi inizieranno nel vector di reset.

– Vector di interrupt (Indirizzo 0004h): quando si genera un interrupt il Contatore di Programma punta sempre a questo indirizzo, quindi l'inizio del programma che fa riferimento agli interrupt dovrà essere posizionato a questo indirizzo.

Il Contatore di Programma

Questo registro incrementa di una unità il suo valore ogni ciclo di istruzione, fatta eccezione per le istruzioni di salto o per gli interrupt, in questi ultimi casi può essere caricato con qualsiasi altro valore e il valore che arriva prima del salto deve essere memorizzato per essere richiamato in seguito.

A questo scopo utilizza uno stack LIFO (Last Input First Output) da 8 livelli, in modo da scrivere l'ultimo indirizzo prima del salto sul livello 1 dello stack, e poterlo richiamare nel momento del bisogno. Lo stack si carica e scarica tramite il livello 1, quindi quando si carica un indirizzo su questo livello, il contenuto di ogni livello passa al successivo. Quando si scarica il livello 1 sul PC, il contenuto di ogni livello passa al precedente.

Le istruzioni di salto e l'istruzione CALL scrivono il contenuto del PC sullo stack e le istruzioni RETURN, RETFIE e RETLW caricano il contenuto del livello 1 dello stack sul PC.

```
c:\progra~1\mplab\prova-1.asm
                List     p=16F870          ;Processore
                include  "P16f870.INC"     ;Definizione dei registri interni

Numero          equ      0x20              ;Numero casuale
Delay_Cont      equ      0x21              ;Contatore di intervalli
Temporale       equ      0x23              ;Variabiale temporale

                org      0x00              ;Vector di Reset
                goto     Inzio
                org      0x05              ;Salva vector di interrupt

;------------------------------------------------------------------------------
;Tabella: Routine che converte il codice binario presente sui 4 bit meno significativi
;del registro W nel loro equivalente a 7 segmenti. il codice a 7 segmenti viene scritto anche
;sul registro W

Tabella         addwf    PCL,F             ;Spostamento sulla tabella
                retlw    b'00111111'       ;Numero 0
                retlw    b'00000110'       ;Numero 1
                retlw    b'01011011'       ;Numero 2
                retlw    b'01001111'       ;Numero 3
                retlw    b'01100110'       ;Numero 4
                retlw    b'01101101'       ;Numero 5
                retlw    b'01111101'       ;Numero 6
                retlw    b'00000111'       ;Numero 7
                retlw    b'01111111'       ;Numero 8
                retlw    b'01100111'       ;Numero 9
```

L'analisi della memoria dei dati è fondamentale nella simulazione. Osserviamo se i registri GPR e quelli SFR evolvono nel modo desiderato.

MIcrocontroller	RAM Registri di utilizzo generale	EEPROM
PIC16F870/1/2	128x8	64x8
PIC16F873/4	192x8	128x8
PIC16F876/7	368x8	256x8

Capacità della memoria RAM ed EEPROM della famiglia del PIC16F87X.

La memoria dei dati

Abbiamo visto che la memoria dei dati è formata da una memoria RAM e da una memoria EPROM. Nella memoria RAM sono contenuti i dati di utilizzo generale che vengono utilizzati nel programma e i registri specifici i cui bit controllano il funzionamento del processore e dei dispositivi interni. Nella memoria EPROM (non volatile) si scrivono i dati il cui valore deve essere mantenuto anche quando si toglie l'alimentazione.

Organizzazione della memoria RAM

La memoria RAM si divide in registri da 8 bit. I Registri di Utilizzo Generale (GPR) conterranno i dati che si utilizzano nel programma e i Registri di Utilizzo Specifico (SFR) conterranno i bit di controllo del processore e dei registri complementari.

La zona RAM si configura in quattro banchi da 128 indirizzi o registri da 8 bit ciascuno. I registri specifici sono situati nelle prime posizioni di ogni banco, lasciando quelle successive ai registri di utilizzo generale. In alcuni modelli esistono indirizzi che non sono implementati fisicamente.

Conclusioni

Al momento di progettare un programma dobbiamo considerare la capacità che ha il microcontroller per contenere il codice (memoria FLASH), per gestire registri di utilizzo generale, perché su essi scriveremo i dati con cui dovremo lavorare nell'applicazione (memoria RAM) e la capacità relativa alla memorizzazione di dati che vogliamo conservare nel momento in cui togliamo l'alimentazione (memoria EEPROM).

Questi fattori permettono di ottimizzare l'utilizzo della memoria e rivestono una notevole importanza al momento di scegliere il microcontroller da utilizzare nell'applicazione, se non vogliamo utilizzare memorie esterne.

```
c:\progra~1\mplab\prova-1.asm
                List     p=16F870           ;Processore
                include  "P16f870.INC"      ;Definizione dei registri i

Numero          equ      0x20               ;Numero casuale
Delay_Cont      equ      0x21               ;Contatore di intervalli
Temporale       equ      0x23               ;Variabiale temporale

                org      0x00               ;Vector di Reset
                goto     Inzio
                org      0x05               ;Salva vector di interrupt

;-----------------------------------------------------------------
;Tabella: Routine che converte il codice binario presente sui 4 bit
;del registro W nel loro equivalente a 7 segmenti. il codice a 7 se
;sul registro W

Tabella         addwf    PCL,F              ;Spostamento sulla tabella
                retlw    b'00111111'        ;Numero 0
                retlw    b'00000110'        ;Numero 1
                retlw    b'01011011'        ;Numero 2
                retlw    b'01001111'        ;Numero 3
                retlw    b'01100110'        ;Numero 4
```

Durante la simulazione di un programma potremo osservare l'evoluzione dei registri della memoria di programma, della memoria dei dati EEPROM e della memoria dei dati RAM.